

# 電流の量とはたらきの理解を深める指導

## － 5 年「電流と発熱」－

駒野 庄平<sup>1</sup> 斎藤 玲司<sup>2</sup> 磯貝 猛男<sup>3</sup>  
森田 英文<sup>4</sup> 日下部 征彦<sup>5</sup>

電流そのものは、直接感覚にうったえてとらえられるものではない。それがひきおこす発光・発熱・磁化作用などの現象をとおして、電流の量やはたらきを理解させることができる。この研究では、このような基本的な考えにもとづいて、発熱線の発熱量と電流量の追求のさせ方、及び、その過程で電流の量が電熱線の長さや太さによって変わることの認識過程を、授業の実践をとおして明らかにしている。

### 1 はじめに

小学校理科の「物質とエネルギー」区分では、児童の身近な物質の性質についての理解と同時に、エネルギー的な見方・考え方を深めていくことが重要なねらいとしてあげられている。この物質やエネルギーについての認識を深めていく手がかりは、物と物との関係によって起こる具体的な現象である。この現象について、何がそれを起こさせたか、その原因を追求していく過程で力・熱・電気・磁気などの量はたらきを理解させていくことができ、このことが、エネルギー的な見方・考え方の育成につながる。

このような観点から、2～6学年に配列されている電気に関する内容では、乾電池・電源——供給する物——と、豆電球・電熱線・電磁石——消費する物——との関係で現われる発光・発熱・磁化などの現象を探究させ、目に見えない電流に気づかせ、その量とはたらきの関係についての理解を深めていくことに基本的なねらいがある。

児童は、これまでに乾電池と豆電球の現象から、電気の通り道（回路）やそこを流れる電流の量の多少について学習してきている。ここでは電熱線による発熱現象をとりあげ、電流の量とはたらきについての認識を深めることがねらいである。すなわち、電源につなぐ電熱線の長さや太さによる発熱量の違いを回路に流れる電流の多少と関係づけて理解させ、電流について次のような見方を育てたい。

- ・電気は、光や熱に変わる。
- ・光の量（明るさ）や熱の量（発熱量）は流れる電流の量によって変わる。
- ・回路に流れる電流の量は、電源や豆電球のつなぎ方、電熱線の長さ・太さによって変わる。

このような電流についての認識の拡大・深化をはかるために、児童の主体的な問題解決の過程として学習活動をどのように組織したらよいか、また、その過程で児童が目標の方向へどのように変容していくかなどについて、授業の実践をとおして検討したので、その概要を報告する。

1. 2新潟県立教育センター      3. 東頸城郡大島村立大島小学校      4. 新井市立水原小学校

5. 西頸城郡能生町立南能生小学校

## 2 研究の構想と手順

- ① 児童の実態の想定 — 2～4学年の電気に関する内容について，理解の実態を調査する。
- ② 目標・内容の検討 — 指導要領の内容（5年B（4））について，その系統・発展・事物・現象などの観点から検討し，目標・内容の具体化をはかる。
- ③ 指導計画の立案 — 作業仮説としての指導計画を作成する。児童の問題解決の過程を想定し，指導内容を学習活動として組織する。展開の過程に即して，児童の変容の実態を評価する観点や評価資料の収集計画をたてる。
- ④ 授業の実践 — 児童の変容の実態をとらえる。事後調査を実施する。
- ⑤ 評価・改善 — 収集した資料の解釈をととして，指導計画，指導法の改善をはかる。

## 3 実態調査

### (1) 調査の概要

本単元の指導の前提として，2～4年生までの電気に関する学習内容の理解の程度が大きくかわりあう。既習内容についての理解の程度を調査し，児童の全体的な傾向を把握して指導計画立案の資料，とすることを目的としている。

調査は筆者らの所属校 5年生児童 49名を対象にし，6月に実施した。調査方法は質問紙法である。

### (2) 調査問題のねらい

紙面の都合で，具体的な問題は省略するが，調査問題のねらいとその構成は次のとおりである。

番	小問	問 題 の ね ら い	出 題 方 法
1	ア	乾電池 1，豆球 2 の回路の構成	豆球の点灯する回路を実態配線図で自由に記述させる。
	イ	乾電池 2，豆球 1 の回路の構成	
2		豆球の直・並列つなぎの弁別とその名称	いろいろな実態配線図を，直・並列の配線図をもとに分類し，その名称を記入させる。
3		乾電池の直・並列つなぎの弁別とその名称	
4	ア	豆球の直・並列つなぎによる明るさの識別とその理由	豆球の直・並列の配線図，乾電池の直・並列の配線図を与え，豆球の明るさについて選択技法で応答させ，その理由を自由記述させる。
	イ	乾電池の直・並列つなぎによる豆球の明るさの識別とその理由	
5	ア	豆球の直・並列つなぎと，乾電池の消耗の早さ，その理由	豆球の直・並列の配線図，乾電池の直・並列の配線図を与え，乾電池の消耗の早さについて，選択技法で応答させ，その理由を自由記述させる。
	イ	乾電池の直・並列つなぎと乾電池の消耗の早さ，その理由	
6	ア イ カ	回路を流れる電流の量（電流計の針の振れ） ・乾電池・豆球の直・並列回路について	豆球 1，乾電池 1 の回路中の電流計の針の振れをもとに，他の回路での針の振れを記入。



## (3) 調査結果と考察

表 1 事前調査の正答率

番	小 問	正 答 率
2	豆電球の直列つなぎ	67
	名称	65
	豆電球の並列つなぎ	63
	名称	67
3	乾電池の直列つなぎ	73
	名称	67
	乾電池の並列つなぎ	73
	名称	73
4	ア 豆電球のつなぎ方と明るさ	27
	イ 乾電池のつなぎ方と明るさ	84
5	ア 豆電球のつなぎ方と電池の消耗	31
	イ 乾電池のつなぎ方と消耗	84
6	ア 乾電池の直列回路の電流量	90
	イ " 並列 "	67
	ウ 豆電球の直列回路の電流量	37
	エ " 並列 "	45
	オ 乾電池の十側一側の電流量	100
	カ 乾電池の並列回路の各部分の電流量	30

調査 2～6 の正答率は表 1 のとおりである。

この調査結果から、児童の電流についての見方の実態や本単元との関連について考察してみたい。

## ○回路の構成について

調査 1 で乾電池 1 個、豆電球 2 個の回路、乾電池 2 個、豆電球 1 個の回路を配線図で自由に記述させたが、それぞれについて直列・並列つなぎの両方を指摘している児童は全体の 73% である。また、調査 2 で、提示された実態配線図を直列・並列つなぎに分類する結果も、ほぼ同様な傾向を示している。

乾電池で豆電球を点灯する回路は、全員の児童がいずれかの方法で構成できるが、直列・並列のつなぎ方を、電流の通り道を意識して配線図を書いたり、それらを弁別できるのは、全体の 3/4 の児童である。

## ○直列・並列回路と豆電球の明るさ、電流の量の関係について。

乾電池のつなぎ方による明るさの違いについては、84% の正答率であるが、豆電球については 30% にも達しない。（調査 4）すなわち、豆電球も直列につないだ方が明るいと思った反応をしている児童が 60% もいる。この原因は、豆電球のつなぎ方の学習が 8 年で、乾電池のつなぎ方の学習が 4 年で行なわれ、その 1 年間の時間的な差とも考えられるが、むしろ、乾電池の直列つなぎが明るい事実から、豆電球の場合を類推していること、すなわち「直列」ということばで、2 つの現象をまとめてとらえていると考えられる。また、自由記述させたその理由や、直列・並列につないでも明るさは変わらないという反応（約 10%）から、乾電池 1 個から出る電流の量は一定であるという見方によるものと思われる。なお、豆電球の明るさと乾電池の消耗の速さについては、調査 4 のアイと 5 のアイとの正答率が相関していることから、明るければ電流が多く流れ、電池の消耗が速いと考えている児童が多い。

## ○いろいろな回路の電流量について

調査 6 では、乾電池 1 個で豆電球 1 個の回路中の電流計の指針が 2 であることを前提として、いろいろな回路での乾流量を問うた。図 1 のイで 2、ローハで 1—1 という誤答が約半数である。これは、前述の乾電池 1 個から出る電流の量は一定という見方をうらずけているものであり、この単元で、電熱線の長さや太さによって回路を流れる電流の量が変化する事実を、この豆電球の現象と関係づけたり、また、この現象を足場にして、電熱線の長さ、太さの違いによる発熱量の違いを推論していくことには、相当な困難が予想される。

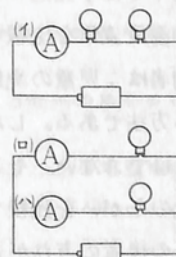


図 1

## 4 指導内容の検討

### (1) 学習指導要領の内容

(4) 電流による発熱のしかたを理解させる。

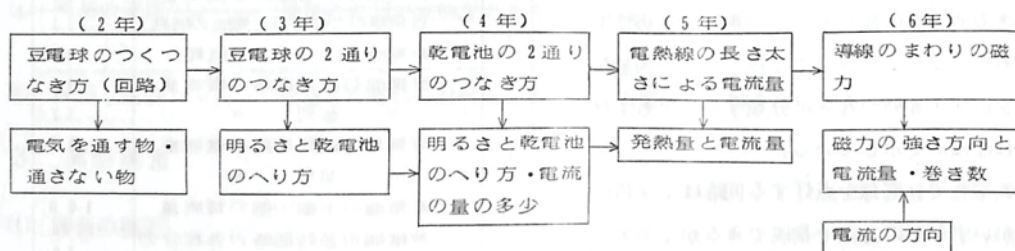
ア 同じ質の電熱線では、太さ・長さが変わると電流の量も変わること。

イ 同じ電熱線では、電流の量が多いほど多く発熱すること。

ウ 発熱した電熱線の色や明るさは、電熱線の温度によって変わること。

### (2) 内容の系統と基本的なねらい

各学年の指導内容の系統を図示すれば、次のとおりである。



すでに述べたように、児童はこれまでに乾電池と豆球で回路を構成し、豆電球が点灯することや、その明るさの違いから、流れる電流のはたらきや量についての見方を深めてきている。すなわち、3年生では、2個の豆電球のつなぎ方の違いによって、同じ乾電池につないでも明るさが変わる現象を、乾電池の消耗の速さの違いからとらえ、明るさと電流の量とを関係づけて理解し、4年生では、乾電池の直列・並列つなぎによる明るさの違いを、それぞれの回路を流れる電流の量と関係づけ、その量を、方位磁計の振れや電流計の針の振れの大小でとらえてきている。

この単位では、①電熱線の発熱量を流れる電流量との関係で理解させること、②電熱線に流れる電流の量が、乾電池の数によって変わるほか、電熱線自体の太さや長さによっても変わることを、豆電球のつなぎ方と関連づけて理解させることがねらいである。

### (3) 具体的内容と実験観察法の検討

#### ㊦ 発熱のちがいのとらえさせ方

「電流の量による発熱のちがい」をとらえさせるには、体感以外の熱量測定法が必要である。本研究の前半では、発泡スチロールやろうの変化を比較する方法をとり、後半では電熱線を一定量の水に入れその温度変化を比較する方法を採用する。

前者は、児童の発想を期待した方法であり、また、電熱線を変えない場合の発熱現象を検証するに耐える方法である。しかし、この方法は電熱線の一部の発熱を調べる方法で、全体の発熱を比較することはできない。そこで、電熱線の長さや太さを変えたり、並列つなぎにしたりして形を変える場合の発熱のちがいを比較する実験では、電熱線全体の発熱を比較できる後者の方法に切り換える。

この後者の方法が児童から提案されることは期待できないにしても、電熱線の部分の比較から全体の比較へ思考を進めさせる場の構成がたいせつであると考えられる。



## (イ) 使用する電源と電熱線

4年生までの学習では、電源に乾電池を使用している。したがって、本単元でも乾電池を用いて学習課題を設定し、探究していくことが望ましい。しかし、乾電池は内部抵抗が大きく、次のような欠点がある。

- ① 乾電池の直列つなぎの数や電熱線の並列つなぎの本数と電流の量は比例しない。（特に、電熱線の抵抗が内部抵抗に近い場合）
- ② 乾電池の供給電力には限度がある。（電熱線の抵抗が内部抵抗に等しい場合に最大電力が得られる。）
- ③ 電熱線に流れる電流と消費電力（発熱量）は図2のように比例しない。

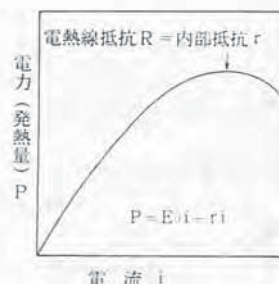


図2 電流と消費電力

これら①～③のわずらわしい欠点を押え込むには、電熱線の抵抗を大きく（細く長く）する必要があるが、そうすると発熱量が減少する。そこで、本研究の後半では、内部抵抗が乾電池よりも小さく、高い電圧が得られる電源装置を使用する。

ただし、電源装置は電圧を一定にし、乾電池と同じはたらきをする装置として使用させる。

## (ウ) 電熱線の温度と色・明るさ

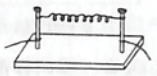
指導要領ウの内容である。これは、電流の量とはたらきの理解を深めるという単元の主軸から離れた内容で、展開の過程にのりにくい。この項目のねらいは、「電熱線も、もっとあつくすれば、豆電球のように明るく輝くことに気づかせる」ことにあると考え、電熱線の電流量を増し、電熱線の色や明るさが変わる事実を観察させる程度にとどめたい。

## 5 指導計画

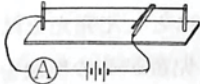
## (1) 単元の目標

- 電熱線に電流を通したときの発熱の違いの原因を、電熱線を通る電流の量や、電熱線の長さ、太さなどに分析してとらえ、電流の量やはたらきについて理解させる。
  - ・ 電熱線に電流を通すと発熱したり発光したりすること
  - ・ 同じ電熱線では電流を多く流すほど発熱すること
  - ・ 発熱している電熱線の温度の違いは、発泡スチロールやろうの溶け方でくらべられること
  - ・ 電熱線を水の中に入れて電流を通すと、水の温度があがることから、電熱線の発熱量を水の温度変化で調べることができること
  - ・ 同じ電源につないだ太さの同じ電熱線では短いほど多く発熱し、そのとき流れる電流の量も多いこと
  - ・ 同じ電熱線2本並列につないだときは、1本にくらべて多く発熱し、そのとき流れる電流の量も多いこと
  - ・ 同じ電源につないだ長さの同じ電熱線では太いほど多く発熱し、そのとき流れる電流の量も多いこと
  - ・ 同じ電源につないだ電熱線に流れる電流の量が電熱線の長さ太さによって変わること、豆電球の直列・並列つなぎによって流れる電流の量が変化するのと同じと考えられること
  - ・ 発熱している電熱線の温度によって、電熱線の色や明るさが変わること

## (2) 展開計画の概略（全 10 時間）

次 (時)	学 習 活 動	児 童 の 意 識 ・ 思 考	評 価 の 観 点
第 一 次  電 熱 線 に 流 れ る 電 流 の 量 と 発 熱 (三 時 間)	<p>1. 電流を通したとき, 通さないときの豆電球の内部を観察する</p> <p>2. 電熱線に電流を通したときの変化を調べる</p>  <p>3. この線をもっとあつくする方法も話し合う</p> <p>4. 乾電池を直列つなぎにして数をふやし(3個)電熱線のあつさの変わり方を調べる ・あつさを調べる方法</p> <p>5. 乾電池の数を変えたときの電流量を調べる</p> <p>6. 実験結果をまとめる</p>	<p>・太い線に巻かれた細い線がつながっている。 ・豆電球の中の線全体が光るのか。 ・細い線だけが光っている。 ○豆電球は巻かれた細い線だけが光っている。 ・豆電球の線より太いし, 長いからそんなに明るくならないだろう。 ・あつくなるかもしれない。 ・電氣を通すのだから何か変化があるだろう。 ○明るくは光らないが, 線がだんだんあつくなった。この線は, 電氣を通すとあつくなる線だ。巻いても, のばしても同じだ。 ・電氣を多く流せばよい。 ・乾電池の数を直列つなぎでふやせばよい。 ・電熱線につなぐ導線の数をふやせばよい。 ○乾電池を直列つなぎにして数をふやしていけば, 電熱線をもっとあつくしていくことができるだろう。 ・線のあつさは手でさわれば, わかるだろう。 ・あつくなると溶ける物やこげる物をあててみればわかるだろう。 ・ろう・発泡スチロール・ビニール・紙をのせて, こげ方や溶け方をしらべればよい。 ○乾電池の数をふやしていくと, 発泡スチロールなどの溶け方が早くなる。線のあつさがふえていく。 ○電流が多く流れているからだろう。 ○電流計で調べれば, 電流の量がかわっているかどうかははっきりわかる。 ○乾電池をふやすと電流の量も多くなる。 ○電流が多く流れると電熱線のあつさもます。</p>	<p>①現象をどのように予想するか</p> <p>②どんな事実を観察しているか</p> <p>③電流の量と関係づけて現象が予想できるか</p> <p>④どんな事実を観察しているか</p> <p>⑤電流量と発熱量を関係づけてまとめられるか (事後) 本次での電流計を使用した意図をとらえていたか —本次終了後—</p>
第 二 次  電 熱 線 の 長 さ と 発 熱 量	<p>1. 電源一定(3個直列)で電熱線をもっとあつくする方法を話し合う</p> <p>2. 長い電熱線(16cm)と短かい電熱線(8cm)であつさを比較する ・結果の発表 ・話し合い</p> <p>3. 電熱線全体の発熱量を比較する方法を話し合う</p>	<p>・もっと長い線を使えばよい。 ・もっと太い線を使えばよい。 ・もっと短い線にすればよい。 ・もっと細い線にすればよい。 ・電熱線を何本も並べてつなぐ。 ・電熱線を変えてもだめだろう。</p> <p>・短い電熱線の方があつかった。 ○短い電熱線が長い電熱線よりあつくなる。 ・短い方は線全体が短いし, 長い方はあつさがちらばっているんで, 全体でくらべると長い方が多く熱を出しているのではないか。 ・線全体では, 長い方も短い方も熱の出方は同じではないか。—電源一定だから— ・同じ入れ物の中に電熱線を入れ, その中の空気のあたためり方でしらべる。</p>	<p>⑥どのような根拠から予想するか</p> <p>⑦話し合いの後, 予想がどのように変わるか</p> <p>⑧長さや発熱の関係はどう予想するか</p> <p>⑨線全体の熱の出方を問題にできるか</p>



(四時間)	<p>4. 長・短の電熱線を水の中に入れ水温の上昇を比較する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 水 <math>50\text{ cm}^3</math>・10 分間の温度</li> <li>・ 結果の発表・話し合い</li> </ul> <p>5. 長い電熱線と短い電熱線で流れる電流の量を比較する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 結果の発表</li> <li>・ まとめ</li> </ul> <p>6. 電熱線の長さをいろいろに変えたときの電流量を調べる。</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 同じ量の水の暖まり方でくらべられる。</li> </ul> <p>○ 短い方が水の温度のあがり方が早い。線全体からの熱の出方が多い。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 同じ乾電池 3 個だが、短い方は長い方にくらべて、流れている電流の量が多いのではないだろうか。</li> </ul> <p>○ 短い電熱線の方が流れる電流の量が多い。</p> <p>○ 短い方は電流が多く流れていたもので、熱の出方も多い。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 同じ乾電池 3 本なのに電熱線の長さによって流れる電流の通が変わるのだろうか。</li> </ul> <p>○ 電熱線を短くするほど、電流の量は多くなる。</p> <p>○ 同じ乾電池でも、電熱線の長さによって流れる電流の量が変わってくる。</p> <p>○ 電熱線を短くしていくと、線の色が変わり豆電球みたいに光るようになり、多く熱を出す。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 豆電球 1 個と 2 個直列につないだときと似ている。</li> </ul>	<p>⑪ 現象の違いを電流の量と関係づけて解釈できるか</p> <p>⑫ 事実がとらえられるか</p> <p>⑬ 電流量と発熱量を関係づけてまとめられるか</p> <p>(事後) 水熱量計を使用した意図を理解しているか — 学習活動 5 が終了後調査</p>
第三次 電熱線の太さと発熱量 (三時間)	<p>1. 長さを変える以外に、水の温度をもっと速くあげる方法を話し合う</p> <p>2. 電熱線を 2 本並列つなぎにしたときの発熱量について予想する。</p> <p>3. 2 本並列つなぎの場合の水温の上昇を電熱線 1 本の場合と比較する</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電源装置の使用法</li> </ul> <p>4. 電流の量を調べる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 発表・まとめ</li> </ul> <p>5. 電熱線の太さを変えたときの熱の出方について話し合う。</p> <p>6. 太さの違う電熱線の発熱量・電流量を調べる</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <math>300\text{ W}</math> <math>8\text{ cm}</math> を使用</li> <li>・ 発表</li> </ul> <p>7. まとめる</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 電熱線を並列つなぎにしてみようか。</li> <li>・ 太い電熱線にすればよいのではないか。</li> <li>・ 細い線がよいのではないか。</li> <li>・ 豆電球 2 個並列につないだときと同じになるのではないか。</li> <li>・ 長さが変わったら電流の量も変わったので、並列つなぎにすると電流の量が多くなるのではないか。</li> </ul> <p>○ 2 本並列つなぎの方が水の温度のあがり方が速い。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 流れている電流の量も 1 本より 2 本の方が多くなっているのではないか。</li> </ul> <p>○ 1 本にくらべ 2 本並列つなぎは流れる電流の量が多い。</p> <p>○ 2 本並列つなぎの方が電流が多く流れ、熱の出方も多い。豆電球の並列つなぎと同じだ。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 太いと電気が通りやすくなり多く流れるだろう。</li> <li>・ 2 本並列の線を合わせたと同じと考えられるから、電流も多く流れ、熱の出方も多くなるのではないか。</li> </ul> <p>○ 太い方が水の温度のあがり方が速い。多く熱を出している。電流も多く流れている。</p> <p>○ 電熱線が太いと電流も多く流れ、発熱量も多くなる。</p>	<p>⑭ つなぎ方によって電流の量が変わるのではないかという観点から現象を予想するかどうか</p> <p>⑮ 豆電球の並列つなぎと関係づけて現象を解釈できるか</p> <p>⑯ 並列つなぎを根拠にして予想できるか</p> <p>⑰ 太さによる発熱量の違いを電流の多少と関係づけてまとめられるか。</p> <p>(事後調査一後述)</p>



## 6 授業の実践と考察

### (1) 乾電池の数による発熱量の変化は、回路を流れる電流量に関係していることに気づかせる過程

(第一次 A校の実践を中心に)

#### 1) 授業の意図と展開の構想

事前調査によると、ほとんど全員の児童が豆電球を点灯させる回路を構成することができ、その点灯する理由については、「電気が流れるから」「+と-の電気が豆電球の中でぶつかり合って光る」など、その原因としての電流を意識していることがわかる。また、表現は適切でないにしても「豆電球が明るく光るのは、電流(電気)が多く流れている」と、明るさと電流の量を関係づけて理解している児童は、A・B・Cの3校全員の84%である。

この実態を考え、これからの学習活動の中に今までの経験が十分生かされるような展開を図ることが必要である。そのために、まず、点灯している豆電球のかわりに、フィラメントの形に似せた電熱線を回路の中に入れたときの現象の観察から導入する。この観察によって、児童にとって発光とは異なる発熱現象も電流のはたらきによって起こることを明確に意識づけると同時に、児童がこの現象を追求していく足場を豆電球と乾電池の関係に求めることを期待している。この発熱現象の観察から出発し、「電熱線をもっとあつくすることはできないか。もっと熱を多くすることはできないか。」という児童の意識を中核にして、単元全体の展開をはかりたいと考える。

そこで、第一次の展開の過程を次のように想定した。①豆電球のしくみ、特に、発光部分のフィラメントを観察させる。②この豆電球のかわりに、コイル状の電熱線(100W-8cm)を乾電池1個に接続したときの現象を観察させる。③この電熱線をもっとあつくする方法を予想させ、乾電池の数を増すことに着目させる。④乾電池の数を直列にふやしたときの発熱の違いを調べさせる。発熱の違いは、発泡スチロール・ろうなどの溶け方で比較させる。⑤発熱の違いを電流の量と関係づけて推論させ、回路を流れる電流を測定する。⑥この測定結果から、電熱線の発熱がそこを流れる電流の量に関係することをまとめさせたい。

#### 2) 授業の実践と考察

ア 豆電球と関連づけながら、電熱線の発熱をとらえさせる。

豆電球のフィラメントを観察させ、その線だけが発光している事実を確認して導入した。

##### <授業の記録>

T<sub>1</sub> 豆電球のかわりに、この線(A)を乾電池につないだらどうなるだろうか。

発言しようとする。

考えをノートに書く。

T<sub>2</sub> 考えたことを発表してください。

C<sub>1</sub> 豆電球と同じく作ってあるから、つくと思う。

C<sub>2</sub> ソケットがないだけで中



図3 電熱線(A)

のしくみが同じになっているのでつくと思う。

T<sub>3</sub> ほかの人はどうですか。

C<sub>3</sub> 同じです。(全員同じ反応を示す)

T<sub>4</sub> ほんとうにつくかどうか、たしかめてみよう。

グループごとに実験開始、乾電池1個興味わく。「熱くなった。」「こげくさい。」

「けむりみたいなものがでた」などの声続出。予想と違うので、びっくりする。

T<sub>5</sub> ついたのでしょうか。



全員、つかないことを表明。

C<sub>4</sub> 熱くなりました。

C<sub>5</sub> 豆電球のように明るくならなかった。

C<sub>6</sub> 赤くなると予想したが、赤くならなかった。

T<sub>6</sub> この線をのばしたら、どうなるのだろうか。

C<sub>7</sub> 巻いたものを、のばすだけだから同じくあつくなると思う。

C 同じです。（全員反応を示す）

T<sub>7</sub> この線（B）は、同じ線をのばしたものです。たしかめてみよう。

実験開始、熱くなったことを認める。

T<sub>8</sub> この線はどうして熱くなったのだろうか。

C<sub>8</sub> 電気が流れたからだ。

C<sub>9</sub> 電気が流れて熱くなったのだと思う。

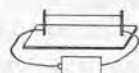


図4 電熱線（B）

T<sub>9</sub> 勉強してわかったことをノートに記録してください。

### <考察>

・豆電球を導入に使用した効果 —— 児童の経験している豆電球の発光部分の観察と点灯から、授業に入ったため、抵抗なく単元に入ることができた。それは、T<sub>1</sub>の発問に対する、回路の中へ電熱線④を入れたときの予想からも考えられる。児童は発問後すぐ「つく」といっている。これは、フィラメントの観察効果のあらわれであり、発光しているタングステン線とA線を、関係づけて思考しているからでもある。このことは、ノートの記録からも考えられる。

もちろん、理由については、豆電球の線と電熱線④が似ているから、などのものであるが、「つく」と予想している根底には、当然

豆電球の点灯から電流を意識していることがわかる。したがって、実験過程では、興味と期待をますことができ、効果的な導入であったと考えられる。

表1 豆電球のかわりに電熱線を入れた予想  
（ノートの記録から） 人数

項目 \ 校	A	B	C
豆電球のようにつく。	11	18	11
つかない。	0	5	1
火のようにもえる。	0	0	1
ちえてしまう。	0	0	1
あたたかくなる。	0	1	0

・電熱線の発熱と電流について —— 電流そのものについては、現象から考えなければならない。

第1の実験過程での発熱現象は、児童にとって非常に驚異であった。それは、全員が点灯することだけを期待していたからである。しかし、それがかえって電熱線を見なおし、発熱の原因である電流の意識を、より深めることに役だっていたものと考えられる。

このことは、第2の実験予想、T<sub>6</sub>の発問に対する児童の反応からもはっきりとわかる。C<sub>6</sub>は、「巻いたものをのばすだけだから、同じくあつくなる」といい、全員すなおにこれを認めている。もちろん、これは、実験上からのものであるが、この反応から、発熱は、線の状態に関係ないことを認めていることが、うかがわれる。

このように考えると、前述のように、豆電球の点灯する現象から導入したことは、電熱線での発熱の原因としての電流を意識させるためには効果的であった。まとめのノート記録の集計では、82%の児童が発熱と電流を結びつけて、理解していることがわかった。

イ 乾電池の数をましたときの電熱線の発熱の変化をとらえさせる

### <授業の記録>

T<sub>1</sub> この電熱線(B)をもっとあつくする方法はないだろうか。(電熱線を提示)

考えをノートに書く。

C<sub>1</sub> 電流を長く流せばよい。

C<sub>2</sub> 乾電池をいくつもつけたらよい。

C<sub>3</sub> 長くつけておいても、き

まったところまでくるとあ

つくなれないと思う。それ

より乾電池を直列につない

だ方がよい。

T<sub>2</sub> 乾電池3本までのあつさを調べるには、どうしたらよいだろうか。

C<sub>4</sub> 私たちは、手では熱いので電流計で調べる。

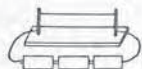


図5 電池を増す

### <考察>

#### ○電熱線をもっとあつくするための予想

電源に着目し、乾電池を直列にふやせばよいことに気づく児童が多い。これは、T<sub>1</sub>の発問で電熱線の条件を固定したことにもよるが、この場面では、電流を多くするために乾電池の数を増すという考えが4年の学習から容易に転移されているものと思われる。C<sub>1</sub>の「長くつけておく」という発言もあったが、豆電球を長くつけておいても明るさが変わらないことなどから否定されている。

#### ○発熱の測定法

C<sub>4</sub>のように、あつさを電流計で調べるという提案は予想外であった。この考えは割合多く、ABC8校とも授業中の児童の反応の中に見られた。これは、豆電球の明るさと電流の量との関係がストレートにこの現象に結びつき、発熱量が多ければ当然電流量も多いはずだという判断にたっていたためであると思われる。一方、C<sub>5</sub>に代表されるように物の溶け方で調べるという考えも多く、これは、電熱線のあつさをくらべるには良い方法であることは納得されたが、その背後には電流の量が多くなっていれば、線がよりあつくなっているのは当然だという考え方が強い。

発熱の違いは、発泡スチロール(細いもの)、ろうそく、ビニル、薬包紙などで調べたが、なかでも発泡スチロールは乾電池を1個ずつ増すごとに現象の違いが明確にとらえられ、実験材料として一番適している。

ここで、前述のような児童の意識から発熱の違いと電流の測定を同時に取り扱うことも可能である。しかし児童の実験操作や、発熱の違いを明確にとらえさせたいことなどから、別々に取り扱ったが、この段階では適切であったと考えられる。

C<sub>5</sub> 私たちは、ビニルや発泡スチロールのとけ方で調べる。

C<sub>6</sub> とけ方といっても、電流がわからなければいけないのではないか。

実験開始、電池3個、発泡スチロール、ろうそく、薬包紙など。

—電流をたしかめた後—

C<sub>7</sub> 3個のとき電流も多く流れ、けむりもでた。

C<sub>8</sub> 1個のとき0.5、2個のとき0.9で、電流が2倍にならないか。

C<sub>9</sub> 1個ますごとに、0.25~0.35の差がある。

T<sub>3</sub> 電流は、どうなっていくでしょう。

C<sub>10</sub> 強くなっていった。

T<sub>4</sub> 今日勉強でわかったことを、ノートに記録してください。

表2 電熱線をあつくするための予想  
(ノート記録から)

全応答数一百分率

校	A	B	C
電池電流を多くする	54	86	62
乾電池を直列につなぐ	33	14	
長い時間電流を流す	12		5
電熱線を太くする			17
細くする	1		
短くする			5
多くする。			11



図6 発熱を調べる



## (2) 電熱線の長さによる発熱量の違いも、回路を流れる電流の量に関係していることに気づかせる過程

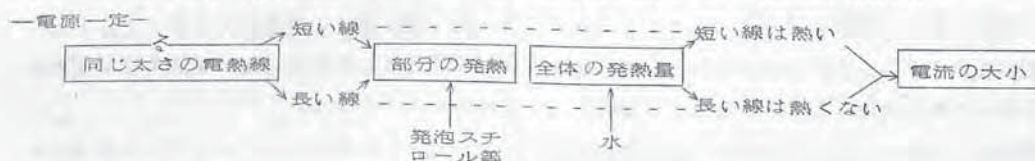
(第二次 B校の実践を中心に)

## 1) 指導の意図と展開の構想

前次の過程で、児童は一定の電熱線をもっとあつくするには、電池を直列にふやすことによって電流の量を多くすればよいことを理解してきている。すなわち、電熱線を流れる電流は電源を変化させることによって変わるという見方であり、これは、4年生の学習との重なりも多くその理解は容易であった。

第二・三次では、電熱線の長さや太さによっても、回路を流れる電流の量が変わることを理解させたい。そこで、本次では、電源部から電熱線に着目させるため、電源一定という条件の中で「もっと熱を多く出すことはできないか。」という課題で展開する。ここで、児童はいろいろな観点から予想するであろうが、その中からまず、長さを変えたときの発熱の違いを追求させる。発泡スチロールの溶け方の速さから短い電熱線があつことがわかるが、これは電熱線の部分の温度を比較していることであり、ここでは電熱線全体での熱の出方を問題にしていきたい。そして、線全体の発熱量をくらべるために、一定量の水の中に電熱線を入れたときの水温の変化を測定する方法を導入し、線全体でも短い方が多く発熱している事実をとらえさせる。この発熱量の違いの原因を、回路を流れる電流の量と関係づけて推論させ、電流の量を測定させる。

以上の過程を通して、電熱線の長さや発熱量、電流量の関係について理解を深めたい。



## 2) 授業の実践と考察

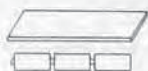
ア 電源が一定の時、発熱量が電熱線の長さや太さによってかわることに気づかせる。

「乾電池3個を使ってもっと多く熱を出させることはできないだろうか」という課題から授業をはじめた。

## &lt;授業の記録&gt;

T<sub>1</sub> <右の図を指示して>

この紙に自分の考えたことを書いて説明して下さい。



短くする。

C<sub>2</sub>の言ったよりも中心の方に熱が集まり易い。

T<sub>2</sub> 4通りの考え方が出されましたが、最初に線が長いと熱が多く出るのか、短いと熱が多く出るのか調べてみよう。

C<sub>1</sub> 電熱線を長くすればよいと思います。

図7 児童に与えた図

線を長くすれば、熱を多く出すから

C<sub>2</sub> 電熱線を短くして焦点を合せると熱くなると思います。

まん中辺に焦点が集まってもっとあつくなるから

C<sub>3</sub> 電熱線を2本にするとあつくなると思います。同じ熱が2倍になるから

C<sub>4</sub> 電熱線を太くする。それとあいだもなるべ

T<sub>3</sub> 何を使って調べたらよいだろう。

C<sub>5</sub> 発泡スチロールを線の上にあけてとかす。

C<sub>6</sub> ろうで調べればよい。

C<sub>7</sub> マッチをつけてみれば

C<sub>8</sub> 紙を使って調べてみればわかる。

T<sub>4</sub> 考えたもので実験をすることにして、結果はどうなるだろうか、予想を立ててみよう。

長い線が熱くなる。	6名
短い線が熱くなる。	18名

T<sub>0</sub> では、＜右の装置を提示して＞この装置を使って実験してみよう。

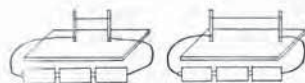


図8 長さによる発熱のちがい

### ＜考察＞

○課題に対する児童の反応 — 約半数の児童は課題を理解し予想を立てることに抵抗を感じている。しかし「電熱線を変えてもよい」という助言によって、具体的な方法を予想することができた。

このことは、電源部を変える以外には回路の電流は変化しないという見方が強いためであり、予想の背景にも、この見方は強く現われている。

○予想の分類とその根拠 — 課題に対する予想は右の表のように分類されるが、非常に多様である。

これは、発想の根拠が児童によってさまざまだからである。例えば、豆電球のフィラメントからの類推(予想⑧、⑨)、電流の通り方のイメージからの発想(①、②、⑤)、発熱部分を多くする(③、④)などの観点である。これらの予想は、いずれも、電熱線を変えることによって、電流の量が変わるという見通しのある論理的なものではなく、感覚的な、直感的なものである。

この原因は、前述のように、電源が一定であれば常に一定の電流しか流れないという見方が根底にあるためであり、豆電球の直列・並列つなぎによって明るさの変わる事実と関係づけて考えることは、この段階では無理であることを示すものと思われる。したがって、長さについての予想も、「短い方が多く熱を出す」と反応している児童が多く、「同じ電気が短いところを通るから、それだけ多く熱を出す」「熱が短いところに集まるから」などが、その根拠である。なお、これは第一次で、電熱線の発熱を部分の温度だけで調べてきたことにもよるものと思われる。

### イ 電熱線の部分の温度から全体の発熱量に目を向けさせる。

短い電熱線の方が発泡スチロールの溶け方が速い事実から、線全体の発熱量を児童が問題にすることを期待したが、表面化されてこなかった。

### ＜授業の記録＞

T<sub>1</sub> 電熱線全体では、どちらがたくさん熱を出しているだろう。

C<sub>1</sub> 短い線と長い線ではあまり温度差がない。

C<sub>2</sub> やはり短い線が熱くなると思う。

C<sub>3</sub> 全部あわせれば長い線が熱いのではないか。

T<sub>2</sub> 実験で調べることはできないだろうか。

C<sub>4</sub> 長い線と短い線のはしとまん中に発泡スチロールを置いて調べればよい。

C<sub>5</sub> 電熱線全体に発泡スチロールをおいて調べる。

表3 もっと多く熱を出させる方法の予想  
＜3校のノート記録より＞

主な予想	A校	本校	C校
①線を短く	1名	12名	5名
②線を太く短く		6名	
③線を長く		3名	
④線を2本又はそれ以上並列で	3名	1名	1名
⑤線を太く			2名
⑥エナメル線を使う	1名	1名	
⑦導線と直接つなぐ	1名		
⑧線をまるめる	1名		5名
⑨線を細く	1名		
⑩わからない	3名	1名	

C<sub>6</sub> 紙を全体にかぶせる。

C<sub>7</sub> 水にひたした布をかぶせて水蒸気のでかたで調べればよいと思いません。

T<sub>3</sub> 水という言葉がでたが  
＜右の装置を提示して＞  
こんな装置で調べられないだろうか。

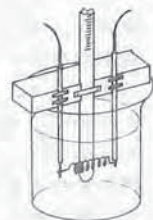


図9 水熱量計



## ＜考察＞

○電熱線全体の発熱量を問題にするための手だて — 「短い線の方が熱くなる」という予想の根拠は前述のように、電流の通り方の違いである。この予想通りの事実から、電流の量の変化に着目させることは困難である。この現象から、短い場合と長い場合の線全体の発熱量はどうかを問題にさせ、その違いから、原因としての電流の量に気づかせたいと考えた。

しかし、この場面で全体の発熱量を児童が問題にするまでには至らなかった。その原因は、多数の児童の予想通りの現象が確認できたため、学級全体が安定したこと、また、この結果の意味づけを討議する場を設定しなかったことなどによるものと思われる。C<sub>4</sub>の発言にもあるように、長い線が熱くなるという予想と結果との矛盾を表面化してやれば全体の発熱量を児童自身が問題にしてきたものと思われる。

○線全体の発熱量の測定方法 — 事前に予想したように、電熱線を水の中に入れその温度上昇で調べるという発想は、児童の中からは出てこない。A校・C校の実践でも同様であった。しかし、C<sub>5</sub>・C<sub>6</sub>・C<sub>7</sub>のような方法が考えられているので、教師の提示した方法は、大部分の児童に納得された。このことは、本時の事後調査（評価の観点参照）によっても確認できた。

ウ 電熱線の長さによって発熱量が変わる原因を電流の量と関係づけてとらえさせる。

## ＜授業記録＞

T<sub>1</sub> 線全体をくらべても短い線は水の温度が速く上がりました。どうしてでしょうか。

— 児童のノート記録の分類より —

- 短い方は電気の量が同じなので熱が 10 名  
かたまっても暖かくなる。
- 電池から電流が多く流れている。 6 名
- 短いと少しでも速く熱が流れやすい。 3 名
- 乾電池を多く使ったから。 2 名
- 長いと電流が広まり力がなくなる。 1 名
- 熱を出す長さが短いから、その分だけ 1 名  
余った熱を加えて熱くなる
- 考えちがい 1 名

T<sub>2</sub> 電流が多く流れているという考え方が出たがどうやって調べたらよいでしょう。

C<sub>1</sub> 電流計を使って調べればわかります。

＜殆んど全員、同じことを口々に言う＞

T<sub>3</sub> では、電流計で調べてみましょう。

—— 実験後 ——

T<sub>4</sub> 結果はどうだったろう。

C<sub>2</sub> 短い電熱線は 1.3、長い電熱線は 0.7 でした。

T<sub>5</sub> このことから考えられることを発表してください。

C<sub>3</sub> 短い線が長い線より電流が多く流れていた。

C<sub>4</sub> 短い線は長い線よりたくさん電流を流し、水の温度を速く上げている。

## ＜考察＞

○発熱量の違いをどのように解釈しているか。— 電熱線の部分の温度だけでなく、全体の発熱量も短い方が多いことが確認されたが、その原因としての電流の量の変化に気づく児童は少ない。授業中のノート記録からわかるように、電流量ではなく、通り方や熱の集まり方の違いとして考えている児童が多い。電源が一定ならば、流れる電流の量も一定で変化しないという見方が依然として強い。目に見えない電流を推論していく難かしさが感じられる。

○電流量と発熱量の関係づけについて — 乾電池から出る電流の量が多くなっているのではないかという一部の児童の発言によって、長・短の電熱量を流れる電流量を測定した。結果を話し合う前に、今まで調べてわかったことをノートにまとめさせたが（評価の観点⑬）、発熱量の違いを電流の量と関係づけてまとめている児童が24名中17名、他の7名は発熱量の違いか、電流量の違いの一方しか記述していない。電流の通り方のイメージから抜けきれず、目に見えないこの2つの要素を関係づけるこ



とが児童にとってはなかなかむずかしいことを示している。

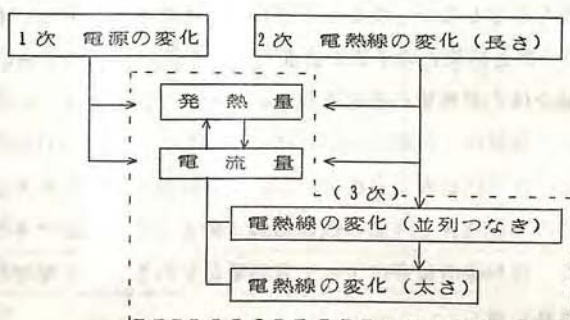
この記録をもとにして話し合い、発熱量と電流量との関係をまとめたが、電熱線の長さが電流の量を変えるという見方は、次の長さを連続的に変化させたときの電流量の変化を観察することによって、いっそう深められた。

### (3) 電熱線の太さによる発熱量の違いも、回路に流れる電流量に関係していることに気づかせる過程 (第三次 C校の実践を中心に)

#### 1) 授業の意図と展開の構想

第二次では、一定の電源につないだ電熱線の長さによって発熱量が違う原因を、電熱線を通る電流の量と関係づけて理解してきている。また、この過程で電熱線全体の発熱量を一定量の水の温度上昇におきかえて調べられることも理解している。

本次では、電熱線の太さによる発熱量の違いが、電流の量の多少によることに気づかせ



たい。すなわち、電熱線の長さと同様に、太さによっても流れる電流の量が変わり、発熱量が変化することを理解させることがねらいである。

本次は、前次の課題を受けて、長さを変える以外にもっと発熱量を多くする方法についての話し合いから展開する。すでに、前次の最初に長さ以外にいくつかの方法が予想されているが、これらの考えが、二次の学習によってかなり変化しているものと思われる。これらの予想にもとづいて、電熱線の本数を多くする(並列つなぎ)ことから太さへ発展する展開を考えた。その理由は、前次で長さを長くすることと、豆電球の直列つなぎを関係づけてとらえることができなかったため、本次の並列つなぎでそれらの関連に気づかせたいからである。なお、ここでは、電源を乾電池から電源装置へきりかえた。

#### 2) 授業の実践と考察

##### ア 電熱線の並列つなぎでの発熱量の変化に気づかせる。

本次の最初に、長さ以外にもっと発熱量を多くする方法をノートに記録させた結果は表4のとおりである。これらについて話し合った後、並列つなぎから学習を展開した。

#### <授業記録>

T<sub>1</sub> 電熱線の数を並列つなぎにしてふやすと、どうして発熱量が多くなると考えましたか。

C<sub>1</sub> 電気こたつがそうになっている。

C<sub>2</sub> 電熱線をふやすと、電流が1本より2本の方がはげしく流れる。

(グループ実験、電熱線 100 w 8 cm 1本、水 50 ml と電熱線 100 w 8 cm 2本、水 50 ml について、水温の上昇で比較)

T<sub>2</sub> 実験からわかったことは何ですか。

C<sub>3</sub> 電熱線1本より2本の方が多く電流が流れた。

C<sub>4</sub> 電流は2倍にならず、1.7倍になった。

T<sub>3</sub> 電流だけがわかったことですか。何のために実験しましたか。

C<sub>5</sub> 電熱線2本並列つなぎでは、発熱量や電流はどうなるかを確かめるため。

C<sub>6</sub> 予想した通り電流は多くなった。発熱量も多くなった。



## &lt;考察&gt;

○発熱量と電流量の関係づけについて — 電熱線の長さで発熱を学習したあと、わかったこととし

表4 発熱量を多くする方法と理由（ノート記録より）

人数	本数を多くする		太くする		電熱線をまく	
	5名		7名		2名	
理由	電流に着目	3名	電流に着目	2名	電気器具に着目	1名
	電気器具に着目	1名	電気器具に着目	2名	無答	1名
	熱に着目	1名	無答	3名		

てとらえているのは表5のとおりで、発熱量と電流量の変化をあげている児童が12/14名である。これらの児童は電熱線の長さによって電流量が変わり、そのために発熱量が変化することは理解されていると考えられる。

表5 長さで発熱量の勉強でわかったこと

わかったこと	人数
短い電熱線は発熱量が多い。	12名
短い電熱線は電流を多く流す。	
短い電熱線は発熱量が多い。	2名

本時の最初の予想の結果は表4のとおりであるが、二次の最初の予想（表8のC校参照）とくらべるとかなり変化しており、その根拠も電流の量の変化に着目したものがみられる。これは、前述の学習成果として一応評価できる。しかし、電熱線2本並列つなぎの場合と1本の場合とでは発熱量は同じと考える児童もかなりあり、その理由は、「電池から出た電流が2つに分かれるから、1本のときと同じくなる」という考えで、その考えのもとには、電源から出る電流は一定という見方が根強く残っていることがうかがえる。同時に、長さが違えば同じ電源から出る電流の量が変わるという前次での見方は、そう容易にこの場面には転移できないとも考えられる。

本時の学習終了後に、並列つなぎが発熱量の多い理由として「電流が1.5倍になったから」「2本の方が1本より多くの電流を使うから」とまとめており、電流量との関係づけは、前次にくらべ比較的容易であった。また、この現象を「豆電球2個の並列つなぎと同じだから」と意味づけている児童もいた。

○電源装置の導入について — 本時で電源装置を初めて使用した。教師が最初から電圧を調整し、乾電池3個直列と同じ強さであるといった説明にとどめ使用させたが、児童の操作の上から問題になることはなかった。しかし、C<sub>4</sub>のように、電流が当然2倍になると予想していたがそうはならず、奇異に感じている児童もいたが、その後の学習で、支障になる点はなかった。

## 1 電熱線の太さと発熱量・電流量の関係に気づかせる。

## &lt;授業記録&gt;

（グループ実験、太い電熱線 300w 8m 1本、水 50ml で測定、細い電熱線は、前時の 100w 8cm 1本の資料を利用）

T<sub>1</sub> 実験からわかったことは何ですか。

C<sub>1</sub> 細いのより、太い電熱線が5倍高くなっている。電流は2倍と少しふえている。

T<sub>2</sub> C<sub>2</sub>さん、実験前、太さが変わっても発熱量は変わらないとしていましたが、どうでしたか。

C<sub>2</sub> 細い方より太い方が発熱量が多かった。

T<sub>3</sub> 実験前の予想で、太いのは並列つなぎと同じだと考えた人がありましたがどうでしたか。

表6 太さと電流量・発熱量の実験記録

	細い電熱線		太い電熱線		時間
	電流	温度差	電流	温度差	
1	1.1	9.3°	2.9	14.8°	7分
2	0.8	6.3°	2.2	11.0°	5分
3	1.3	10.0°	3.2	15.5°	7分
4	1.3	9.0°	3.2	16.5°	7分
5	1.2	8.0°	3.0	15.0°	7分

C<sub>4</sub> 電熱線を並列つなぎにするのは、太いのと同じと思う。

C<sub>5</sub> 2本並列だと、太さが2倍になるのと同じ。

## &lt;考察&gt;

○発熱量と電流量の関係づけの見方の深まりについて — 本時で、太い電熱線が多く発熱すると予想し



た児童は、14名中12名である。その理由も「太くすると電流が多く流れるから」「2本の線を合わせれば太くなるから、並列つなぎと同じと考えられる」という児童が大部分であり、太さによって電流量が変化することを見通しての予想である。長さや並列つなぎによって電流の量が変わるという見方が、この場面ではじめて転移可能なまでに深められてきたものであろう。



図10

したがって実験は、発熱量と電流量を同時に測定したが、その結果についてのノートまとめは表7のとおりであった。「並列つなぎと同じだ」と記述している児童に、念のため根拠を問い正すと、「並列つなぎは電流の量がふえたから、太さでも同じ」と、電流量と関係づけていることがわかった。

表7 太いと発熱量が多い理由

理 由	人数
電流が多く流れる	10名
並列つなぎと同じだ	3名
熱を2本分だすから	1名

(この過程で、長さの場合にくらべて)太さによる発熱量の違いを、電流の量の観点から予想したり、その結果を電流と関係づけて解釈することが、大部分の児童にとって割合容易であったのは、この前の並列つなぎの学習が非常に有効にはたっているためであろう。したがって、並列つなぎから太さへのステップは、長さと同様に太さも、電流の量を変える原因であるという見方に到達させるための適切な過程であったと思われる。

#### ウ 巻いた電熱線と直線の電熱線の発熱量が等しいことに気づかせる。

本次の最初の予想で、電熱線をコイル状にすると発熱量が多くなると考えている児童が2名いる。この予想について、これまでの学習結果からどのように考えるかを知るために取り上げた。

#### <授業記録>

- T<sub>1</sub> 同じ電線でもぐるぐる巻くと熱の出方が多くなるという考えがあったが、このことについてどう思うか。
- C<sub>1</sub> ぐるぐる巻きは電流が多く流れると思うから、発熱量も多いと思う。
- C<sub>2</sub> 直線がよけいあつくなると思う。電流が多く通るから
- C<sub>3</sub> 長さも太さも同じだから、電流は同じだと

思う。だから発熱量も同じだと思う。

T<sub>2</sub> 発熱量をどうやって確かめたらいいか。

C<sub>4</sub> 水でもいいが、どちらが電流が多く流れるかを調べればいいと思う。(全児童納得する)  
(実験 電流量の測定)

C<sub>5</sub> のはしても、ぐるぐるまいても電流は等しい。

C<sub>6</sub> 電流が等しいから、輪のように巻いてものはしても発熱量には変わらない。

#### <考察>

この場面は、これまでの学習結果である電熱線の長さや太さによって流れる電流の量が変わり発熱量が変わるという理解が、どのように適用されるかという観点からの展開であり、評価の段階ともいえる。

記録からわかるようにC<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub>の意見が対立したが、大部分の児童はC<sub>3</sub>の考え方と同じであった。C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>の児童も、C<sub>3</sub>の共通な経験にもとづく根拠ある考えに同調はしているが、不安を残している。

発熱量の調べ方について、C<sub>4</sub>の提案が全員の児童に納得されているのは、発熱量と電流量の関係が、より一般化されて児童にとらえられているためと考えてよい。

この過程は、児童にとって長さ・太さと電流の関係の理解の強化という点で意味があったと思う。



## V 事後調査

### (1) 調査の概要

この単元の終了1～2ヶ月後に、指導内容についての児童の理解の程度を、実践した3校の学級について調査した。

調査内容は、主として単元の具体目標にあげた知識・理解の面が中心であり、その観点は右のとおりである。調査方法は質問紙法で、選択肢と自由記述形式で行なった。

#### 調査の観点

- ① 乾電池の数と電熱線の発熱量・電流量の関係
- ② 電熱線の長さ・太さと発熱量・電流量の関係
- ③ 電熱線の太さと発熱量・電流量の関係
- ④ 電熱線のつなぎ方や形状と電流量の関係
- ⑤ 豆電球の直・並列つなぎと電流量の関係

### (2) 調査問題と結果の集計

紙面の都合で問題の詳細は記述できない。その概略と結果は、次のとおりである。

No	調 査 問 題	観 点	正答率(%)
1	(1) 同一の電熱線を乾電池2個と3個直列電源につないだときの発熱量の違い（水の温度上昇のグラフで判別）	①	98
	(2) その理由（自由記述）		92
2	(1) 一定の電源（乾電池3個直列）に長短の電熱線をつないだときのろうのとけ方の比較	②	94
	(2) この電熱線での水の温度上昇の比較		90
	(3) (1), (2)の現象のちがいに對する理由（自由記述）		90
3	長さの違う3本の電熱線を一定電源につないだときの電流量の比較	②	96
4	(1) 一定電源に太さの違う電熱線をつないだときの水の温度上昇の比較	③	94
	(2) その理由（選択肢）		92
5	太さの違う3本の電熱線を一定電源につないだときの電流量の比較	③	100
	一定電源につなぐ電熱線の長さ、太さ、形状、つなぎ方と乾電池の消耗		80
6	(1) 同じ電熱線2本、直列と並列の場合	②③④	98
	(2) 同じ長さで細い電熱線と太い電熱線		96
	(3) 同じ太さで長い電熱線と短い電熱線		90
	(4) 同じ電熱線でコイル状と直線状の場合		94
7	長さ、太さの違う3本の電熱線の発熱量と電流量の比較	②③	94
8	豆電球の直列・並列つなぎによる電流量の違い (1)直列つなぎ	⑤	94
	(2)並列つなぎ		90

### (3) 調査結果の考察

調査1～5は、学習活動で直接取り扱った現象かそれに近い場面についての設問である。したがって問題の場面設定さえ正確に読みとれば、児童にとっては、単に経験の想起で反応できたと思われる。

6, 7は直接学習活動として取り扱わなかった場面設定であり、電熱線の長さ・太さと発熱量・電流量の関係を総合的に問う問題である。

調査6では、電熱線の長さ・太さ・つなぎ方・形状によって、同一の乾電池につないだときの電流量の違いを、乾電池の消耗の速さの違いから判断させた。調査7は、図11の3本の電熱線での水の温度上昇のグラフを判別させそれぞれの回路に流れる電流の量の大小を問うた。

A  太い  
B  太い  
C  細い

図 11

この問題6, 7の正答率が, 1~5の正答率と大差がなく90%以上であることは調査の観点②③④の理解がかなり深められていると思われる。

調査8は事前調査6ウエと同一の内容であり, 図8のアの電流計の振れをもとに, イウエの針を記入させる問題である。事前調査での正答率は, 直列回路37%, 並列回路45%であったが, 事後調査の結果はそれぞれ94, 90%となっている。

これは, 今回の指導の成果であり, 調査6(1)の結果と考え合わせると, およそ80%の児童については, 電熱線の長さや太さと豆電球のつなぎ方が, 回路の電流を変える原因として等価であるという認識が成立していると考えられることができる。

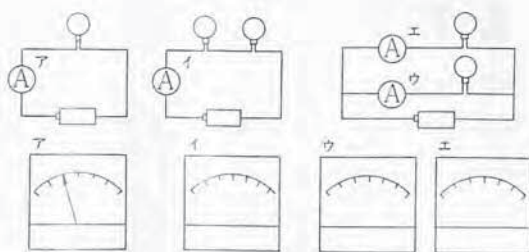


図12

## 8 おわりに

電流の量の変化をそれを供給する電源の増減と関係づけることは容易であるが, 電熱線の長さ太さに関係づけることはむずかしい。それは, 電流自体が視覚でとらえられるものではなく, 現象やその変化の大きさをとおしてしか推論できない性質のものだからである。したがって, 児童がどのように推論し事実を意味づけて, 電流についての見方を深めていくかを事物・現象との対応の中で明らかにしていくことが大切である。このような基本的な考えになつて, 授業の実践を行ったが, 今後, 検討しなければならない問題点も多く残された。ここでは, 実践をふりかえって成果と思われる点を要約してみたい。

○展開計画は大筋において適切である。特に, 豆電球のかわりに電熱線を回路につなぐことから導入したことは, 豆電球の学習経験を媒介にして, 発熱の原因としての電流のはたらきを意識化させるために有効である。また, 電熱線の並列つなぎの活動は, 児童からも発想されるが, 長さから太さへつなぐ重要な現象であり, 豆電球のつなぎ方と電熱線の長さ・太さを等価として考える手がかりともなり, 抜かすことのできないステップである。

○電熱線の発熱を線の部分の温度から, 線全体の発熱量としてとらえさせることは, 長さ太さによって電流の量が変わるという認識の成立に欠くことはできない。電熱線が短くなると部分の温度が高くなる事実を「同じ量の電気が短いところを通るから」「長いと広がって通るから」など, 電流の通り方と結びつけた考え方が強いからである。

○展開計画に対応して, 個々の児童がどのように思考をすすめているかの実態を見定めることは容易でない。この実践では, 展開計画の中に「評価の観点」を位置づけ, それにもとづいて資料を収集したがこれらの資料は, 個々の児童の考え方を知らるために, また, それにもとづいて学習過程や指導法を検討するために有効であった。

最後に, この研究を進めるにあたり, 校務多忙にもかかわらず研究の機会と場を与えてくださった, 東頸城大島小学校長 竹内正和先生, 新井水原小学校長 佐藤一男先生, 西頸城南能生小学校長 岩崎格一先生はじめ, 御協力いただいた3校の諸先生方に厚くお礼申しあげる。